УДК 621.791

Піонткевич О.В., канд. техн. наук, доцент
Шевчук Б.Р., студент
Вінницький національний технічний університет, piontkevych@vntu.edu.ua

РОЗРАХУНКОВА ТОЧНІСТЬ ЗВАРЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

Виконано тривимірну модель зварювального комплексу (рис. 1) для оцінки колізій та перевірки міцності обладнання [1, 2, 3]. Для розрахунку загальної похибки позиціонування пальника зварювального комплексу у просторі враховано похибки самого маніпулятора та похибки лінійної осі [4]. Розрахунок виконується за методом середньоквадратичного підсумовування, оскільки похибки є випадковими величинами [5]. Негативною особливістю проєктних робіт може бути відсутність аналізу зношення обладнання [6, 7, 8], яке варто врахувати в подальших дослідженнях.

Вихідні дані для розрахунку: паспортна похибка позиціонування ±0,03 мм для зварювального робота Fanuc Arc Mate 120iD; рейкова передача має модуль зуба 3 мм, кількість зубів 25 та ділильний діаметр 75 мм; кутовий люфт редуктора 3 кутові хвилини; клас точності рейки приймаємо Q6 за ISO 1328 при якому накопичена похибка кроку Δ_{track} = 0,03 мм на 1000 мм довжини.

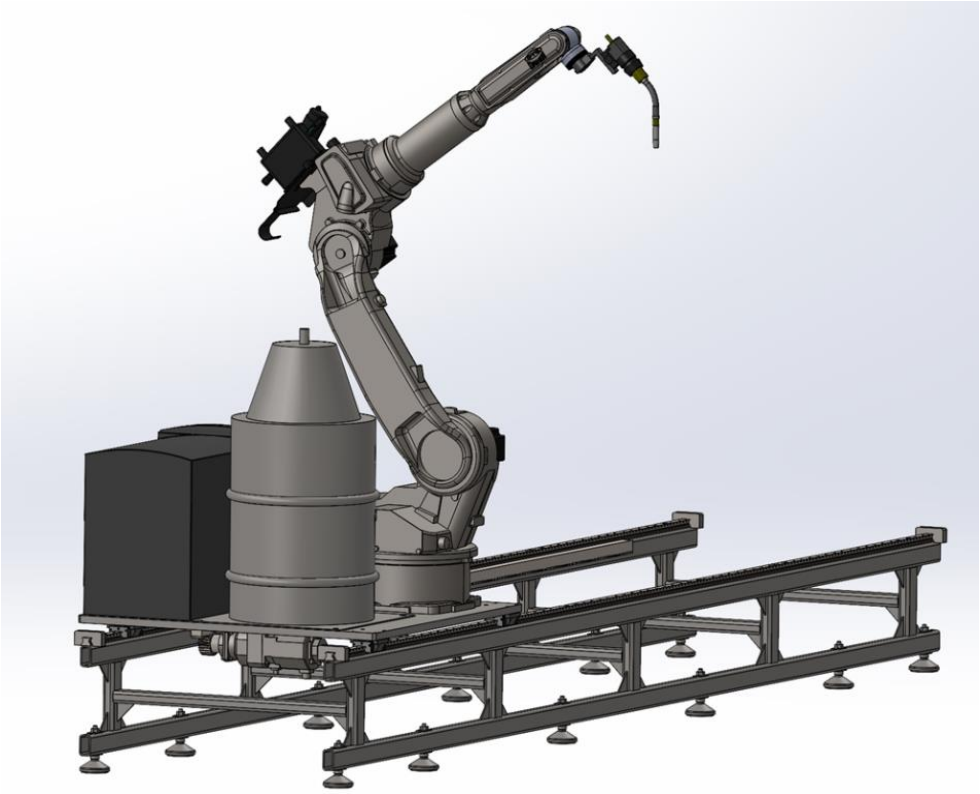

Рис. 1 – Тривимірна модель зварювального комплексу

Похибка від люфту в редукторі Δ_{trans} призводить до лінійного зміщення каретки при реверсі руху. Формула перерахунку кутового люфту у лінійний:

$$\Delta_{trans} = \pi \cdot D \cdot \alpha / (360 \cdot 60) \text{ [мм]}, \quad (1)$$

$$\Delta_{trans} = \pi \cdot 75 \cdot 3 / (360 \cdot 60) = 0{,}033 \text{ (мм)}.$$

Причому похибка виготовлення рейки Δ_{geom} розраховується для рейки класу Q6 на довжині робочого ходу (приймати зону зварювання 3 м, оскільки робот може варити на цю відстань без зупинки, рухаючись по платформі):

$$\Delta_{geom} = \Delta_{track} \cdot 3 \text{ [мм]}, \quad (2)$$

$$\Delta_{geom} = 0{,}03 \cdot 3 = 0{,}09 \text{ (мм)}.$$

В результаті сумарна похибка лінійного модуля буде враховувати середньоквадратичне цих похибок:

$$\Delta_{axis} = \sqrt{\Delta_{trans}^2 + \Delta_{geom}^2}\,[мм], \quad (3)$$

$$\Delta_{axis} = \sqrt{0{,}033^2 + 0{,}09^2} = 0{,}096(мм).$$

Визначення загальної точності комплексу проводимо з врахуванням точності зварювального робота. Повна точність позиціонування зварювального пальника Δ_Σ визначається як середньоквадратична сума похибки лінійної осі та власної похибки зварювального робота Fanuc Arc Mate 120iD:

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{\Delta_{axis}^2 + \Delta_{robot}^2}\,[мм], \quad (4)$$

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{0{,}096^2 + 0{,}06^2} = 0{,}113(мм).$$

Отримане значення похибки має високий показник по точності. Для дугового зварювання допустимим відхиленням пальника вважається ±0,5 мм (половина діаметра зварювального дроту 1.0 мм). Отримана похибка дозволяє в 9 разів краще забезпечити необхідний параметр позиціонування. У випадку значного збою в програмі зварювального робота передбачені спеціальні методи, якими він може підлаштовуватися та знаходити відповідну зону зварювання.

Список посилань

1. Піонткевич О. В., Сухоруков С. І., Петров О. В., Сердюк О. В. «Комп`ютеризовані системи проєктування» для здобувачів вищої освіти зі спеціальності «Прикладна механіка»: електронний лабораторний практикум. Вінниця : ВНТУ, 2025. 142 с.
2. Петров О. В., Піонткевич О. В., Буда А. Г., Коломієць В. С. Застосування CAD/CAE-системи Solidworks у задачах аналізу міцності деталей верстатних пристосувань. Вісник машинобудування та транспорту. Вінниця : ВНТУ, 2024. Вип. 19. № 1. С. 95–102.
3. Піонткевич О. В., Березюк О. В., Лозінський Д. О., Кавецький О. І. Застосування CAD/CAE-системи Autodesk Inventor для удосконалення фрезерногравірувального верстата з ЧПК. Наукові праці Вінницького національного технічного університету. Вінниця: ВНТУ, 2025. Вип. 1. С. 1–9. https://doi.org/10.31649/2307-5376-2025-1-178-186
4. Ling T., Zhang X., Tu D., Zhang X. A robot kinematic calibration approach for measuring the pose errors of a robot end-effector using a laser interferometer. Industrial Robot: the international journal of robotics research and application, 2025. P. 1-10. https://doi.org/10.1108/IR-02-2025-0058
5. Jia B., Pan H., Cai Y., Zhang L., Chen X., Chen L. Enhancing the absolute positioning accuracy of welding robots based on joint error compensation. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2025. No. 158, 111302. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2025.111302
6. Bereziuk O.V., Savulyak V.I., Kharzhevskyi V.O. The influence of auger wear on the parameters of the dehydration process of solid waste in the garbage truck // Problems of Tribology. 2021. No 26(2/100). P. 79-86. https://doi.org/10.31891/2079-1372-2021-100-2-79-86
7. Bereziuk O.V., Savulyak V.I., Kharzhevskyi V.O. Establishing the peculiarities of tire wear of garbage trucks during the transportation of municipal solid waste // Problems of Tribology. 2023. No 28(1/107). P. 59-64. https://doi.org/10.31891/2079-1372-2023-107-1-59-64
8. Bereziuk O.V., Savulyak V.I., Kharzhevskyi V.O., Semichasnova N.S., Harbuz Ye.S. Establishing the regularity of wear of a cylindrical brush of the mounted sweeping equipment of a garbage truck depending on its rotation frequency // Problems of Tribology. 2024. No 29(2/112). P. 31-36. https://doi.org/10.31891/2079-1372-2024-112-2-31-36